

大新合板工業（株）製品倉庫 様邸

風圧に対する外壁CLTパネルの変形の測定 報告書

2023年 4月

岐阜県立森林文化アカデミー

木造建築スタジオ

教授 小原 勝彦

## 目 次

1. 測定概要 .....	P 1
1. 1 測定一般事項	
1. 2 測定目的	
1. 3 測定の方法	
2. 計測するCLT壁パネル .....	P6
2. 1 CLT壁パネル	
2. 2 設計時風圧力	
3. 参考とする気象データ .....	P8
3. 1 気象台の位置	
3. 2 気象台のデータ	
3. 3 気象台の最大風速データの処理	
3. 4 建物配置による風速データの処理	
4. 測定結果 .....	P11
4. 1 風圧力による変位	
4. 2 測定変位	
4. 3 まとめ	

## 1. 測定概要

### 1. 1 測定一般事項

本測定の概要について表 1.1.1 に示す。

表 1.1.1 測定概要

測定の名称	大新合板工業（株）製品倉庫 様邸 風圧に対する外壁CLTパネルの変形の測定
測定対象の 名称及び住所	大新合板工業（株）製品倉庫 様邸 〒950-0886 新潟県新潟市東区中木戸167番地
測定担当者の 名称及び住所  担当者	大新合板工業（株）製品倉庫 様 〒950-0886 新潟県新潟市東区中木戸167番地  榎田 恒太 様
測定報告書作成者	岐阜県立森林文化アカデミー 木造建築スタジオ 岐阜県美濃市曾代88 教授 小原 勝彦
測定実施期間	2020年1月21日(金)～2023年3月25日(土)

### 1. 2 測定目的

CLT パネル構造建物の風圧に対する外壁 CLT の変形の測定を行い、その測定結果による検証を行うことが、本測定の目的である。

### 1. 3 測定の方法

携帯用測定機（ハンドヘルドデータロガーTC-32K：（株）東京測器研究所 製）を用い、高感度変位計（CDP-25：（株）東京測器研究所 製）にて変位を計測する。測定機、変位計を図 1.3.1 に示す。



図 1.3.1 測定機、変位計（東京測器研究所カタログより）

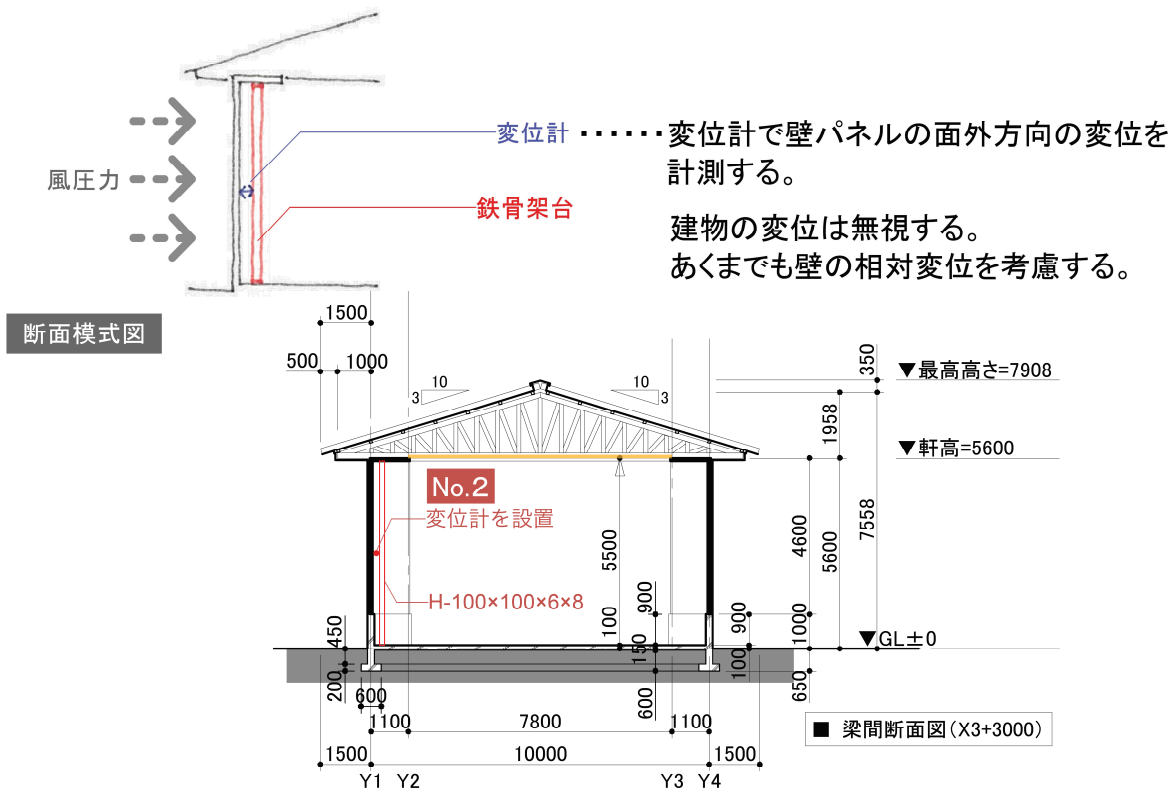


図 1.3.2 風圧に対する外壁 CLT パネルの変形の変位測定イメージ（1）



風圧に対する外壁 CLT パネルの変形の測定イメージを図 1.3.2、図 1.3.3 に示す。建物の北面中央部の CLT 耐力壁にて、面外方向の絶対変位を計測する。変位計を架台（足場）の上に設置する。架台（足場）の位置図を図 1.3.4 に示す。また、設置の様子を写真 1.3.1～写真 1.3.4 に示す。

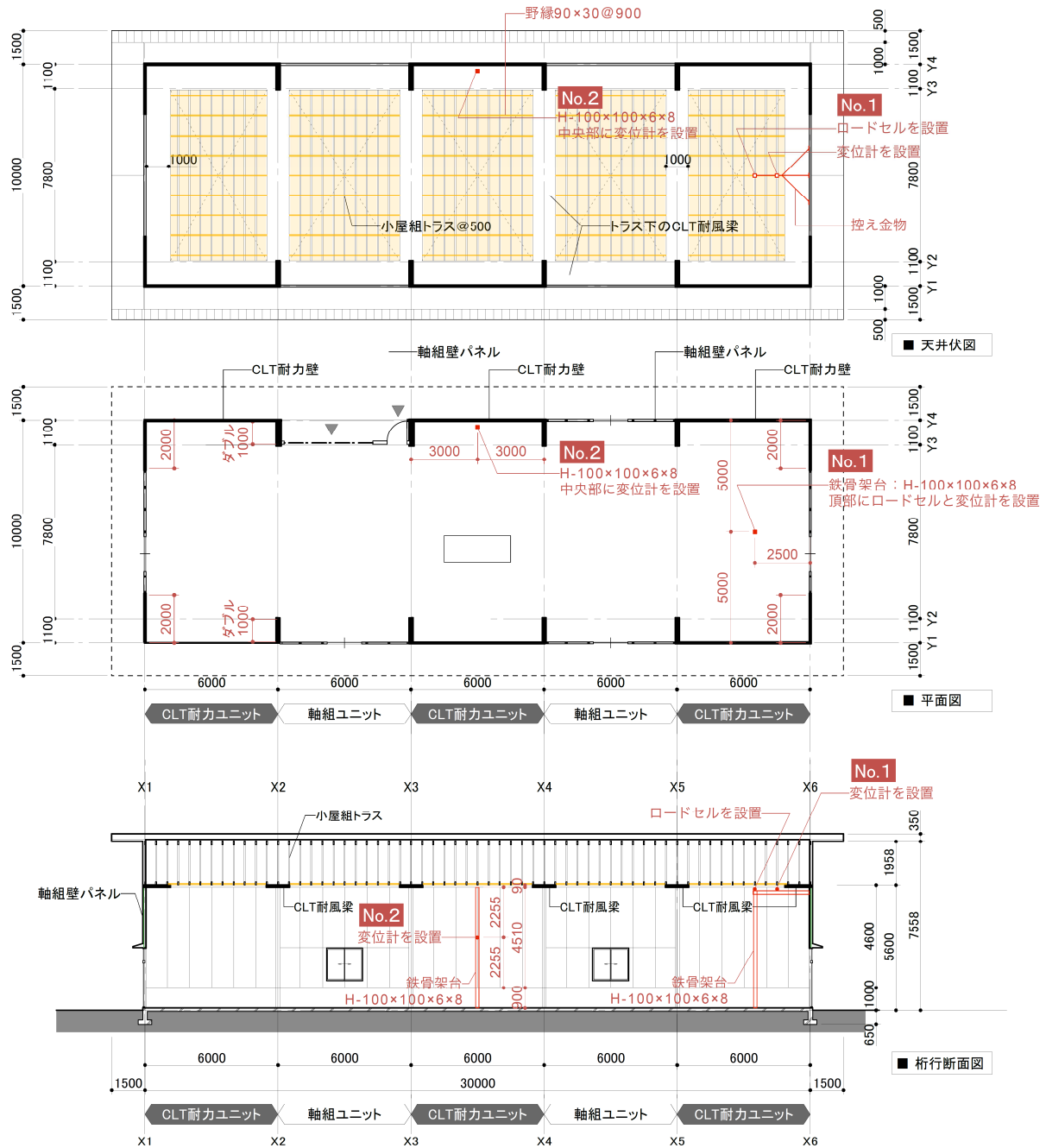
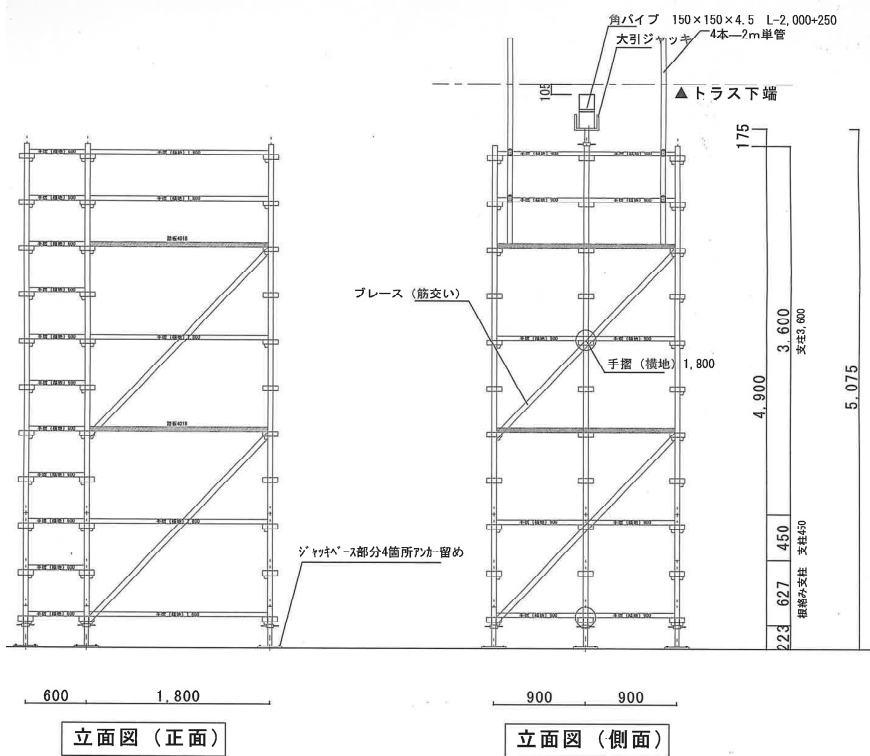
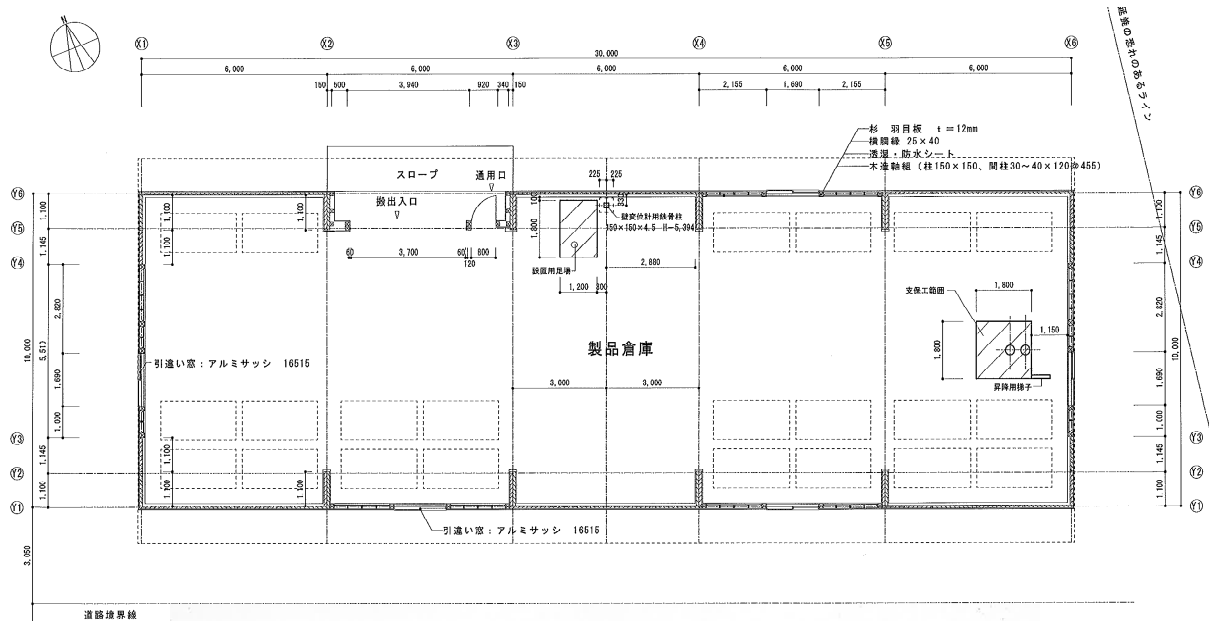


図 1.3.3 積雪による屋根トラスの変形の測定イメージ (2) (図中の No.2 の位置)

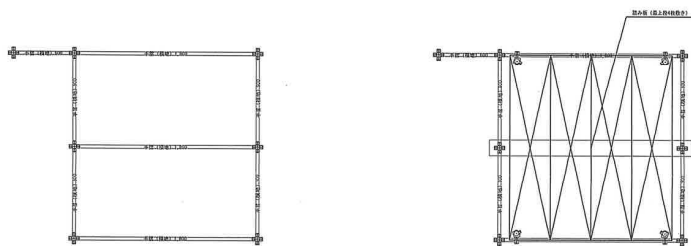


600 1,800

立面図 (正面)

900 900

立面図 (側面)



平面図 (下部)

図 1.3.4 架台 (足場) の位置



写真 1.3.1 足場設置前



写真 1.3.2 足場・支柱の設置



写真 1.3.3 支柱頭部の設置



写真 1.3.4 支柱脚部の設置

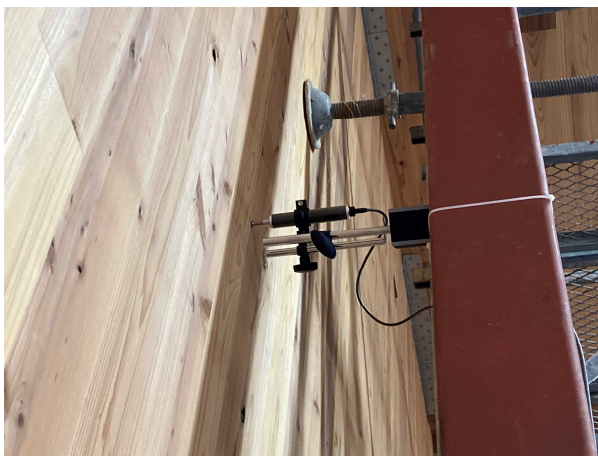


写真 1.3.5 変位計の設置

## 2. 計測するCLT壁パネル

### 2.1 CLT壁パネル

壁番号 wx2 の CLT 壁パネルの面外変形を計測する。この CLT 壁パネルについて以下に示す。

壁番号	: wx2
強度等級	: s60-3-3
CLT 壁パネル厚さ	: 9 cm
パネル幅	: 150 cm
断面 2 次モーメント (弱軸)	: 9,112.50 cm <sup>4</sup>
断面 1 次半径 (弱軸)	: 2.6 cm
座屈長さ	: 460 cm
曲げヤング係数	: 平均値 5.2 GPa (または、 $\times 10^3$ N/mm <sup>2</sup> ) 下限値 4.2 GPa (または、 $\times 10^3$ N/mm <sup>2</sup> )

### 2.2 設計時風圧力

計測する CLT 壁パネルの設計時の風圧力を以下に示す。

地表面粗度区分	: III
高さ方向分布係数	: $E_r = 0.734038$ $E = 1.34038$
ガスト影響係数	: $G_f = 2.50$ $Z_b = 5.00$
建築物平均高さ	: $H = 6.754$ $Z_G = 450.00$
基準風速	: $V_o = 30$ m/s $\alpha = 0.20$
速度圧	: $q = 0.6 \times E \times V_o^2 = 0.07274$ N/cm <sup>2</sup>
風力係数	: 1.2
受圧幅	: 150 cm
風圧力分布荷重	: 13.0932 N/cm
M	: 346,313.33 N·cm
Z <sub>0</sub>	: 2,025 cm <sup>3</sup>
$s \sigma_b$	: 171.02 N/cm <sup>2</sup>
面外 F <sub>b</sub>	: 1,267 N/cm <sup>2</sup>
sfb	: 844.67 N/cm <sup>2</sup>

以上より、風速 V による CLT 壁パネルの面外変形を下式により算出する。

$$\delta \max = 5 \cdot w \cdot \ell / (384 \cdot E \cdot I) \quad \dots \text{式 2.2.1}$$

ここで、 $\delta \max$	: CLT 壁パネルの面外変形 cm
w	: 等分布荷重 N/cm
$\ell$	: CLT 壁パネルの高さ cm
E	: CLT 壁パネルの曲げヤング係数 N/cm <sup>2</sup>
I	: CLT 壁パネルの断面 2 次モーメント cm <sup>4</sup>

$$\text{従って、} \delta \max (\text{cm}) = 5 \cdot w \cdot 460^4 / (384 \cdot 5.2 \times 10^5 \cdot 9,112.50) = 0.123035155 \times w (\text{N/cm})$$

$$w \text{ (N/cm)} = q \times C_f \times b = 0.6 \times E \times C_f \times b \times V^2 = 0.6 \times 1.34703 \times 1.2 \times 150 / 10000 \times V^2 \\ = 0.014547924 \times V^2$$

ここで、 w : 等分布荷重 N/cm  
q : 速度圧 N/m<sup>2</sup> [=0.6・E・V<sup>2</sup>]  
Cf : 風力係数 1.2  
b : CLT 壁パネルの幅 cm  
V : 風速 m/s

以上より、

$$\delta \text{ max (cm)} = 0.123035155 \times 0.014547924 \times V^2 = 0.00178990608986297 \times \{V(\text{m/s})\}^2 \quad \dots \text{式 2.2.2}$$

また、設計時の短期風圧荷重時の変形は 0.412 cm、変形角は 1/1095 rad であると試算されている。

### 3. 参考とする気象データ

#### 3. 1 気象台の位置

当該敷地（新潟県新潟市東区中木戸 167 番地）より、西南西に約 9km の位置にある新潟地方気象台（新潟県新潟市中央区 2 新潟県新潟市中央区美咲町 1 丁目 2-1）で公表されている気象データ（[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=54&block\\_no=47604&year=&month=&day=&vicw=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=54&block_no=47604&year=&month=&day=&vicw=)）を参考とする。

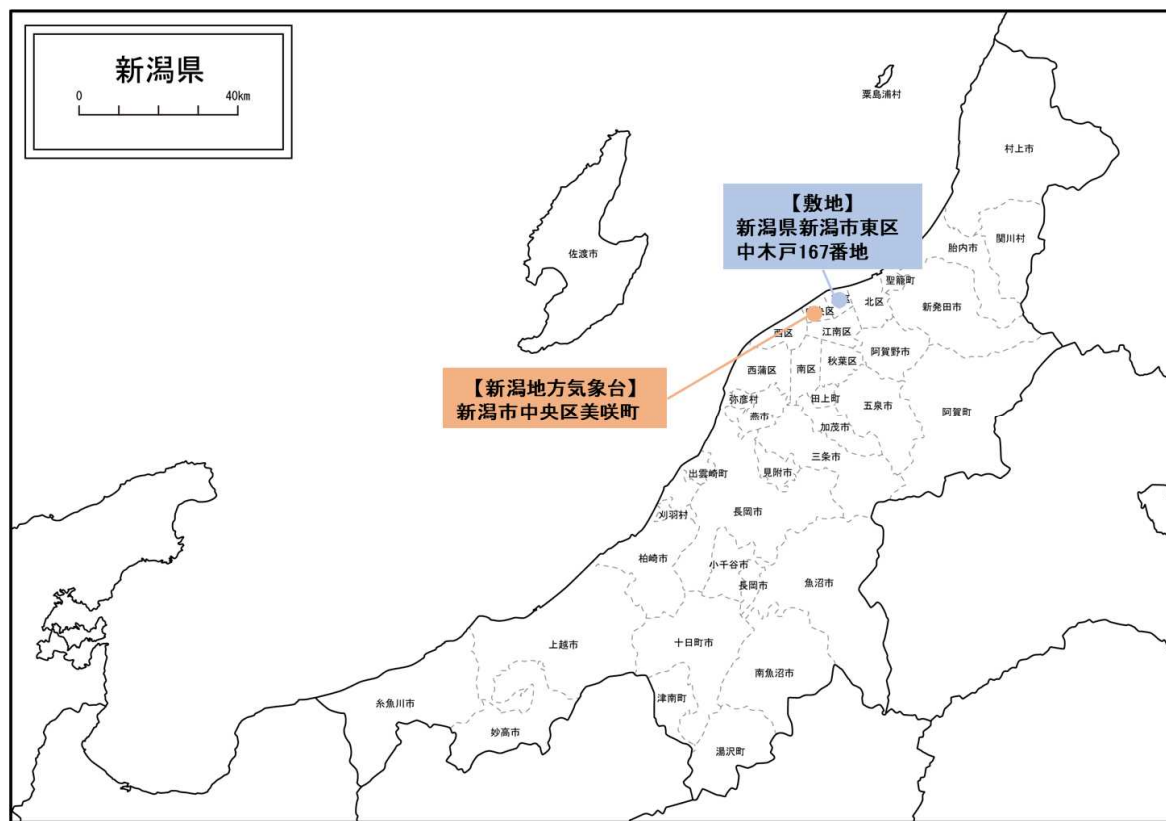


図 3.1.1 敷地と気象台の位置

### 3.2 気象台のデータ

新潟地方気象台の風速に関するデータとして、1979年度（1979年12月1日）から2020年度（2021年3月31日）の期間のうち、冬期として各年度の12月1日～3月31日において、最大風速の風配図を図3.2.1に示す。この41年間の最大風速の風配図の割合は、西風の風19.4%、西北西の風13.1%、北西の風16.5%、北北西の風9.88%、西南西の風9.86%である。

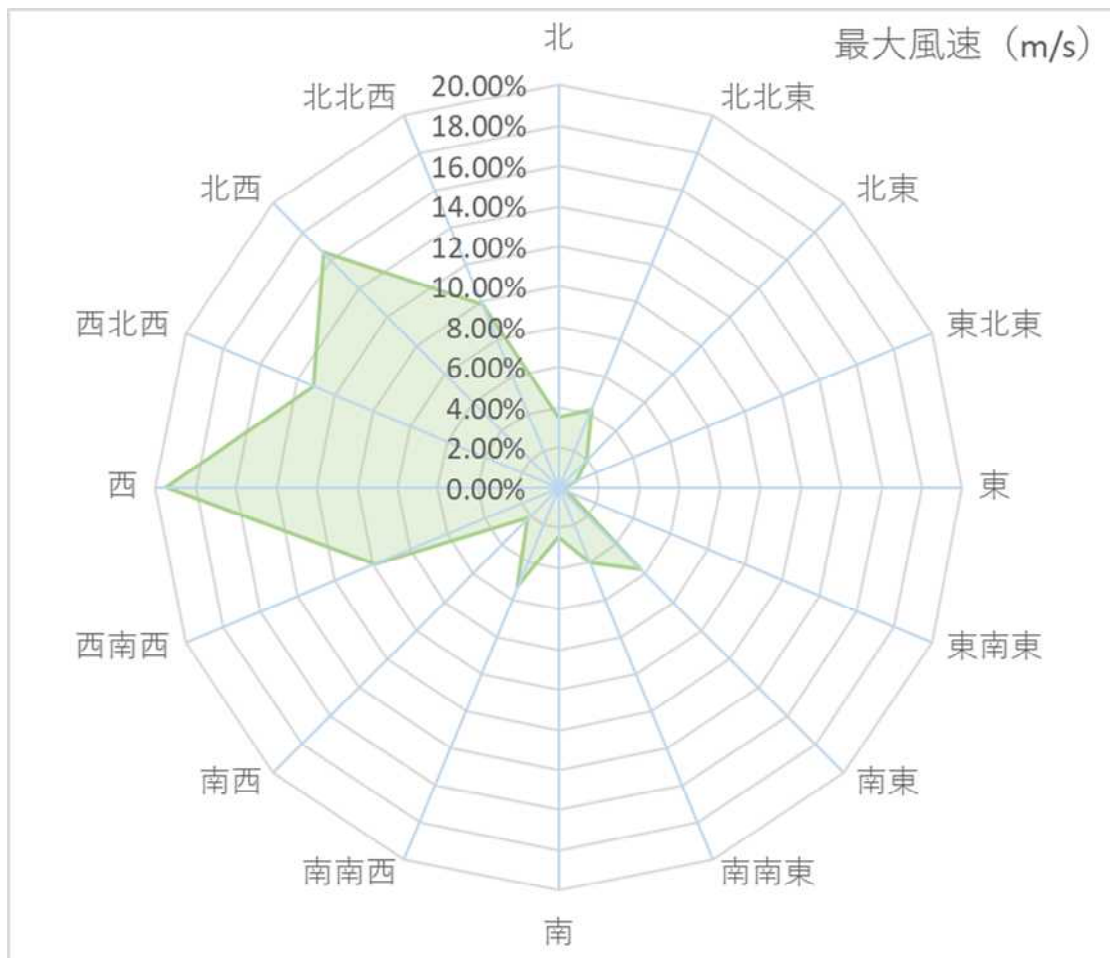


図 3.2.1 冬期（12月～3月）の最大風速（1979年度～2020年度）の風配図

### 3.3 気象台の最大風速データの処理

新潟市中央区女池南の風速計の設置高さは15.1mである。この建物の高さ6.754mにおける風速を「べき法則」（ある地上高さ $z_1$ 、 $z_2$ における風速 $V(z_1)$ 、 $V(z_2)$ ）に従うとし、下式により算出する。

$$V(z_2) = V(z_1) \times (z_2 / z_1)^{1/n} \quad \dots \text{式 3.3.1}$$

- ここで、 $z_i$  :  $i$ 地点の地上高さ (m)  
 $V(z_i)$  :  $i$ 地点の地上高さにおける風速 (m/s)  
 $n$  : 地表面の状態による値  
 $n=7$  (平野、草原)、 $n=4$  (森林、高い建物の無い市街地、住宅地)、  
 $n=3$  (大都市の郊外周辺、市街地)、 $n=2$  (大都市の中心付近)

従って、下式によりこの建物の高さ6.754mにおける風速へ換算する。

$$V(6.754\text{m}) = V(15.1\text{m}) \times (6.754 / 15.1)^{1/4} \quad \dots \text{式 3.3.2}$$



例えば、気象台の観測した最大風速が 30m/s の場合、この建物の高さ 6.754m における風速は、

$$V_{(6.754\text{m})} = 30 \times (6.754 / 15.1)^{1/4} = 24.5339 \text{ m/s}$$

となる。式 2.2.2 により、この時の壁パネル wx2 の面外変形は、

$$\delta_{\text{max}} (\text{cm}) = 0.00178990608986297 \times \{ V_{(6.754\text{m})} \}^2 = 1.611 \text{ cm}$$

となる。

### 3. 4 建物配置による風速データの処理

本建物は時計回りに 25° 程度回転して配置されている。測定壁面の風圧力を算定する際に、風向きによって風圧力をベクトル換算して 25° の回転角を考慮した。



## 4. 測定結果

### 4.1 風圧力による変位

気象台で観測された風速について①高さ補正（式 3.3.1）、②風向き補正（3.4）を行い、③風圧力による外壁 CLT パネルの変形について式 2.2.2 を用いて算出した。

高さ補正をした段階で変形を算出した「変位推定値」、風向き補正後に変形を算出した「風向き補正（建物 25° 考慮）変位推定値」を図 4.1.1 に示す。尚、変位は、CLT パネルの建物外部へ変形を正の向き、CLT パネル建物内部への変形を負の向きとした。

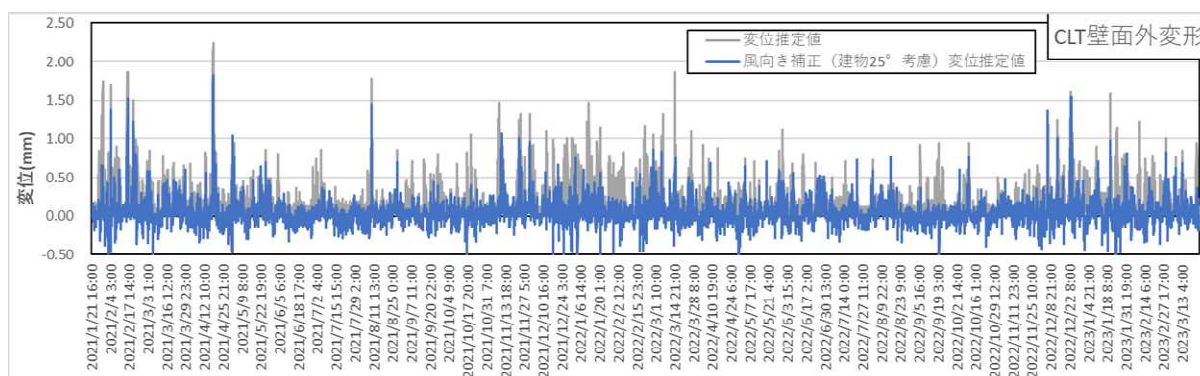


図 4.1.1 風圧力による外壁 CLT パネルの変形（風向き補正前による変位と風向き補正後の変位）  
(2021 年 1 月 21 日～2023 年 3 月 25 日)

### 4.2 測定変位

「風向き補正（建物 25° 考慮）変位推定値」と、変位計により計測した「測定変位」を図 4.2.1 に示す。ただし、変位計による計測値を計測初期 10 データの平均の値を用いて初期値とした。

気象台データの風速から算出した「風向き補正（建物 25° 考慮）変位推定値」は、変位計により計測した「測定変位」とは測定地点が離れているため、異なる値を示している。これは、気象台データの風速・風向と、現地の風速・風向が異なるためであると考えられる。

測定変位は、冬季から夏季にかけて全体的に測定後から徐々に負の値へと向かっている。これは、① 外壁が建物内部側へ変形している、② 変位計を設置している鉄骨支柱が測定壁面側へ変形している、などの現象が想定されるが、確認はできていない。また、それらの現象が生じる要因は現時点では不明である。

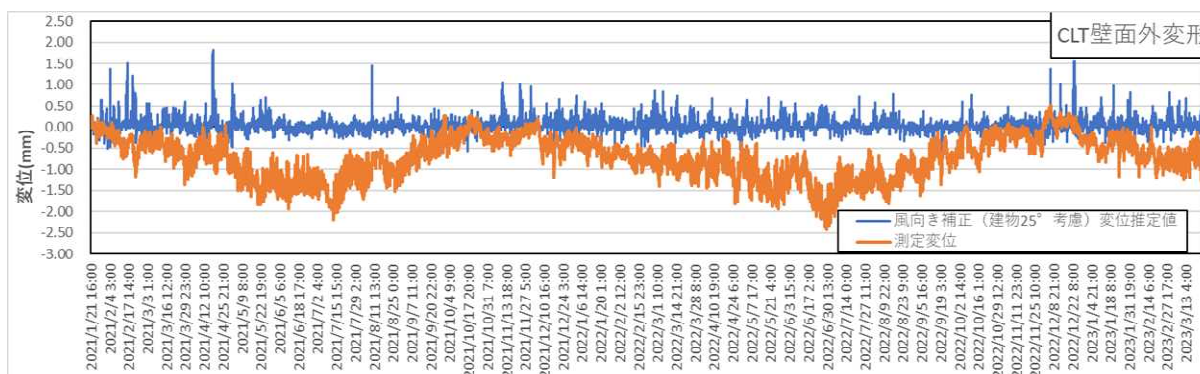


図 4.2.1 風圧力による外壁 CLT パネルの変形（風向き補正した変位と測定変位）  
(2021 年 1 月 21 日～2023 年 3 月 25 日)

また、測定変位は、夏季から冬季にかけて全体的に測定後から徐々に正の値へと向かっている。これは、① 外壁が建物外部側へ変形している、② 変位計を設置している鉄骨支柱が測定壁面と反対側へ変形している、などの現象が想定されるが、確認はできていない。また、それらの現象が生じる要因は現時点では不明である。

前図（「風向き補正（建物 25° 考慮）変位推定値」、変位計により計測した「測定変位」）に気象台データの「気温」をプロットしたものを図 4.2.2 に示す。ただし、変位計による計測値を計測初期 10 データの平均の値を用いて初期値とした。

全体的な傾向として、「気温」が高くなると「測定変位」は負の値へと変化していき、「気温」が低くなると「測定変位」が正の値へと近づいている。「測定変位」の変化について気温に起因しているようであるが、この現象が生じる機構は現時点では不明である。

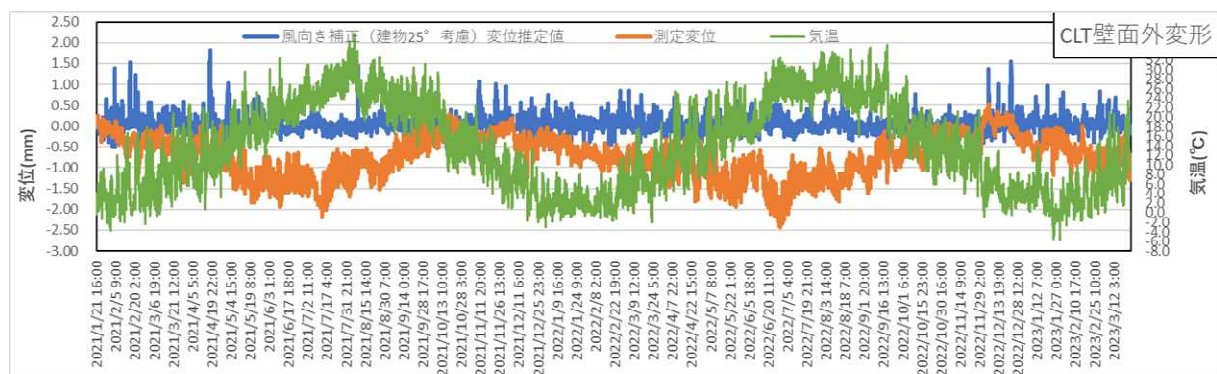


図 4.2.2 風圧力による外壁 CLT パネルの変形（風向き補正した変位と測定変位、気温）  
 (2021 年 1 月 21 日～2023 年 3 月 25 日)

### 4.3 まとめ

#### (1) 風向・風速について

風向・風速について、当該敷地（新潟県新潟市東区中木戸 167 番地）より、西南西に約 9km の位置にある新潟地方気象台（新潟県新潟市中央区 2 新潟県新潟市中央区美咲町 1 丁目 2-1）で公表されている気象データを使用して、外壁 CLT パネルにかかる風向・風速とみなして本報告を作成した。風向・風速については、新潟地方気象台における風向・風速と当該敷地の風向・風速は、実際は異なる値である。

当該敷地の外壁 CLT パネルにかかる風向・風速を正確に計測できた方がよいと考える。

#### (2) 初期値について

計測初期値が不明確であったため、構造計算による値を初期値とした。すなわち、変位計測値について、初期の値の 10 データの平均を構造計算で算出した値（「変位推定値」）の 10 データの平均と同値として補正したものとした。

外壁 CLT パネルの変形の状態を調査（例えば、①外壁 CLT パネルの上下端の支持部分に水糸を渡して、外壁 CLT パネル中央部の変形がどのような状態なのかを把握してから計測を始める、②レーザー墨出し機等を用いて、外壁 CLT パネル中央部の変形がどのような状態なのかを把握してから計測を始める、など）することにより、計測初期値についてより正確な情報を把握できると考えられる。

#### (3) 計測値の変化について

測定変位は、冬季から夏季にかけて全体的に測定後から徐々に負の値へと向かっている。これは、① 外壁が建物内部側へ変形している、② 変位計を設置している鉄骨支柱が測定壁面側へ変形している、などの現象が想定されるが、確認はできていない。また、それらの現象が生じる要因は現時点では不明である。

また、測定変位は、夏季から冬季にかけて全体的に測定後から徐々に正の値へと向かっている。これは、① 外壁が建物外部側へ変形している、② 変位計を設置している鉄骨支柱が測定壁面と反対側へ変形している、などの現象が想定されるが、確認はできていない。また、それらの現象が生じる要因は現時点では不明である。

全体的な傾向として、「気温」が高くなると「測定変位」は負の値へと変化していて、「気温」が低くなると「測定変位」が正の値へと変化している。「測定変位」の変化について気温に起因しているようであるが、この現象が生じる要因は現時点では不明である。

計測治具など計測側の不具合については見受けられなかったが、計測治具が変形していないことを確認するために計測治具の変形などについても計測する必要があると考える。

2年間の計測を実施でき、2021年と2022年の計測値はおおむね似たような変化（計測値の周期的な変化）の傾向がみられた。

上記いくつかの点に関して、現地で確認できるものについては視認できる機会があるといいと考える。